

Un nouveau type de cible active d'actinide pour les études de la fission et de réactions (n,xn)

Un nouveau type de cible active pour la détection de la fission a été mis au point à partir de la technique de spectrométrie α par scintillation liquide. Celle-ci consiste à mettre en solution un actinide dans un scintillateur organique liquide. Ainsi, l'isotope à étudier est directement dans le volume actif du détecteur. Une telle cible permet d'obtenir des comptages très précis de la fission et des décroissances α , et également d'avoir un veto fission extrêmement efficace pour supprimer les événements de fission. Ceci en fait un détecteur très intéressant pour l'étude de la fission, mais aussi des réactions (n,xn).

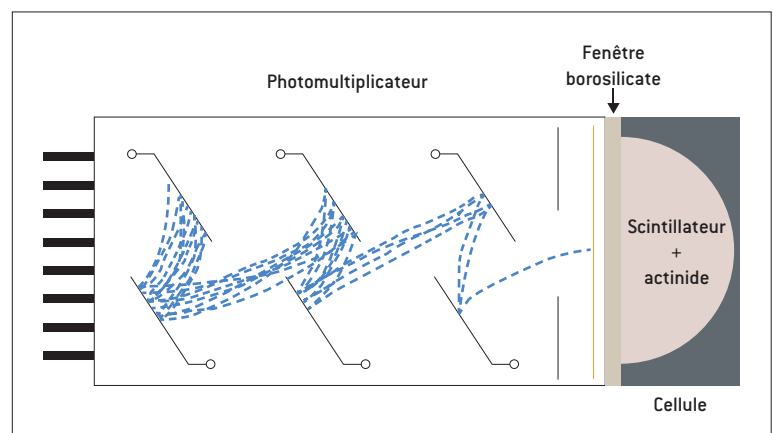
G. Bélier • J. Aupiais • C. Varignon • S. Vayre CEA – DAM Île-de-France

Dans le domaine des données nucléaires et particulièrement pour la fission, les cibles d'actinide sont un élément clé car il faut disposer de dépôts minces et uniformes pour pouvoir détecter les fragments de fission. La cible active présentée ici contourne ce problème en tirant profit de la technique d'extraction liquide-liquide. Déjà très utilisée en spectrométrie α , elle permet de mettre l'actinide en solution dans un scintillateur organique liquide. Parmi les nombreux avantages de cette solution, on peut citer la facilité de mise en œuvre, les hautes concentrations envisageables (jusqu'à 100 mg/mL), la possibilité de faire de l'identification de particule par analyse de la forme temporelle du signal de fluorescence ou encore la rapidité de ce dernier. Un avantage décisif tient à ce que l'actinide est en solution dans le volume actif du détecteur. Or, les fragments de fission ont des parcours très faibles, typiquement inférieurs à 50 μm . Toute matière présente entre le point d'émission d'un fragment et le détecteur constitue une zone morte, qui conduit à des pertes de comptages et de résolution en énergie. Dans le cas présent ce phénomène de « fenêtrage » est absent et la perturbation de la détection est minimale.

L'étude a conduit à la mise au point d'un scintillateur [1] et d'un montage permettant son utilisation dans une expérience de physique nucléaire (figure 1). Ce dernier est composé d'une cellule hémisphérique, dont la paroi interne est couverte d'une peinture réfléchissante, fermée par un hublot en borosilicate, et couplée à l'aide d'une graisse optique à un photomultiplicateur Hamamatsu.

Un des grands avantages des scintillateurs organiques est qu'ils permettent de faire une identification de particules. En effet, les temps caractéristiques de transfert de l'énergie déposée dans le solvant vers la molécule scintillante dépendent du type de dépôt d'énergie (excitation conduisant à une fluorescence instantanée ou ionisation conduisant à une fluorescence retardée). Finalement, plus la particule est lourde, plus la fluorescence retardée, ou lente, est marquée. L'analyse consiste à déterminer le rapport des charges des composantes rapide et lente du signal de photomultiplicateur. La figure 2 présente un histogramme d'identification à deux dimensions, avec en abscisse la charge totale du signal, et en ordonnée le rapport de la charge lente sur la charge rapide. Cet exemple a été obtenu en mettant en solution 5 kBq de ^{252}Cf et

Figure 1. Schéma d'un montage scintillateur-photomultiplicateur.



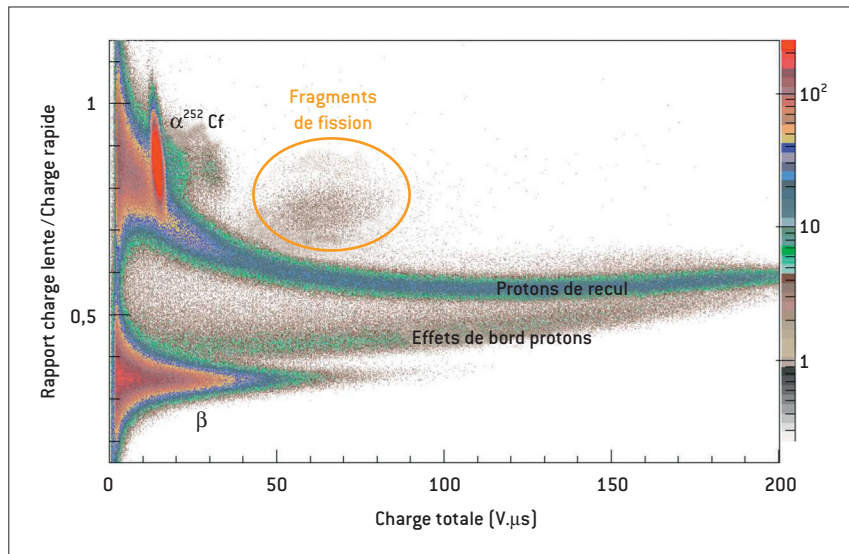


Figure 2. Histogramme à 2 dimensions obtenu à partir de la charge totale du signal et du rapport charge lente/charge rapide. L'histogramme a été obtenu sous irradiations avec des neutrons de 18 MeV, et du ²⁵²Cf mis en solution dans le scintillateur. L'axe z représente le nombre de coups.

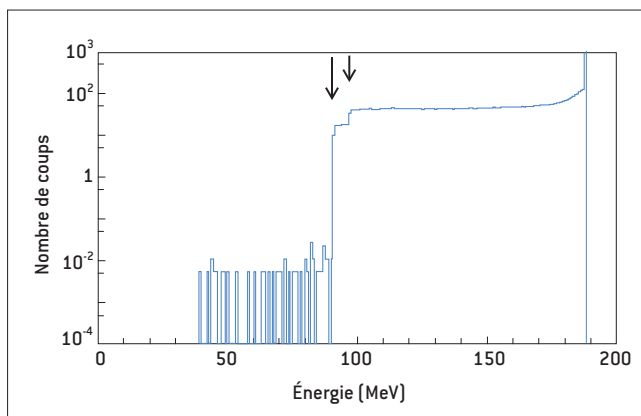
sous irradiation de neutrons de 18 MeV. Cet isotope permet d'avoir des émissions α (97%), de la fission spontanée (3%) et également des décroissances β. Les neutrons, quant à eux, induisent des protons de recul. L'histogramme présente clairement ces quatre types d'événements. Les particules β sont les moins ionisantes et apparaissent aux rapports les plus faibles. Le pic α à 6,118 MeV du ²⁵²Cf apparaît comme attendu à des rapports plus élevés. Par contre, et c'est un résultat surprenant, les fragments apparaissent à des rapports intermédiaires. Ainsi, ils sont proches des protons qui se présentent sous forme de « banane » (leur énergie variant de 0 à 18 MeV). Pour ce qui est de la réponse en énergie, le fait que le transfert d'énergie solvant-scintillateur dépende du type de particule conduit à une très forte non-linéarité en fonction de la masse de la particule. Le rapport du rendement en lumière entre les particules β et les particules α est de 8. Ce travail a permis de montrer qu'entre les particules α et les fragments de fission ce rapport est de l'ordre de 10 [1].

Des simulations Monte-Carlo réalisées à l'aide du code MCNPX2.6 ont permis de quantifier les pertes de comptages fission et α pour ce type de

détecteur. La **figure 3** présente une simulation du spectre de l'énergie déposée dans le scintillateur lors d'une fission du ²⁵²Cf, pour une géométrie sphérique de volume 1 mL. Les événements les plus probables correspondent au pic de dépôt total d'énergie à 188 MeV. Celui-ci a été tronqué pour pouvoir visualiser les événements avec dépôt partiel d'énergie. En dessous de ce pic, le spectre présente trois composantes qui définissent trois régions, selon que deux ou seulement un fragment (lourd ou léger) sortent du scintillateur. Avec un seuil de détection à 90 MeV, la proportion des pertes de comptages est de 2,2.10⁻⁷. L'étude a permis de montrer que quelque soit la géométrie utilisée, un rayon de 1 mm pour casser les angles vifs permettait d'atteindre les performances de la géométrie sphérique.

La cible active présentée dans cet article offre de nombreux avantages. L'un des plus importants est la quasi-absence de perte de comptage en fissions et en α. La cible peut donc être utilisée en veto fission super efficace dans des mesures où la fission représente un polluant. C'est le cas pour des mesures de sections efficaces de réaction (n,xn) sur les actinides. Inversement, des comptages fissions et α très précis peuvent être réalisés dans le cadre de mesures de sections efficaces de fission ou de rendements de produits de fission. En outre, le scintillateur organique utilisé permet d'utiliser la cible comme moniteur de flux de neutrons, et ainsi d'éliminer les incertitudes liées à l'utilisation d'un deuxième détecteur.

Figure 3. Spectre de dépôt d'énergie dans la fission du ²⁵²Cf simulé.



RÉFÉRENCES

[1] G. BÉLIER, J. AUPIAIS, C. VARIGNON, S. VAYRE, "Characterization and development of an active scintillating target for nuclear reaction studies on actinides", *Nuclear Instruments and Methods*, **A664** p. 341-346 [2011].